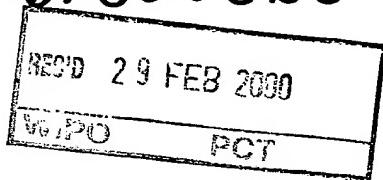


BUNDE REPUBLIK DEUTSCHLAND

EU

DE 99 / 4126

09/890823

**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)**Bescheinigung**

Die Horst Siedle GmbH & Co KG in Furtwangen/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

„Wegaufnehmer mit mäanderförmiger Messwicklung“

am 5. Februar 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole G 01 D und G 01 B der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 14. Februar 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Hoiß

Aktenzeichen: 199 04 689.1

+49 7152 73121

F7



Horst Siedle GmbH & Co. KG, Bregstraße 1,
78120 Furtwangen

Wegaufnehmer mit mäanderförmiger Meßwicklung

Zusammenfassung

Ein induktiver Meßumformer zur Bestimmung der Position eines gegenüber einem feststehendem Gehäuse verschiebblichen Körpers, ist dadurch gekennzeichnet, daß der verschiebbliche Körper ein induktives Übertragungselement aufweist, welches ein über einen begrenzten Bereich sich erstreckendes magnetisches Wechselfeld erzeugt und dieses Wechselfeld wenigstens eine mit dem Gehäuse verbundene sich über die Meßlänge erstreckende Leiterschleife ganz oder teilweise durchflutet, die eine Zuleitung entlang des Meßwegs aufweist und deren Rückleitung so gestaltet ist, daß sie in regelmäßigen Abständen abwechselnd so geführt ist, daß sie entweder nur geringfügig vom Wechselfeld des Übertragungselements durchflutet wird oder vom überwiegenden Teil des Wechselfelds durchflutet wird, und daß die Bereiche mit hoher Wechselfelddurchflutung eine dem gewünschten Positions倅t zugeordneten erwarteten Ausgangswert proportionale Breite aufweisen und deren Ausgangsspannung an einen Ausgang geführt ist.

20144/J/mü
29.01.1999

Horst Siedle GmbH & Co. KG, Bregstraße 1,
78120 Furtwangen

Wegaufnehmer mit mäanderförmiger Meßwicklung

Aus der Patentanmeldung PCT/DE98/03753 geht ein Verfahren zur Messung von Wegen hervor, das eine Meßschleife aufweist, in die ein beweglicher Meßkopf eine Spannung induziert, die durch Schaltungsmittel so gemittelt wird, daß eine wegabhängige Wechselspannung an einen Meßausgang abgegriffen werden kann. Die Mittelung erfolgt vorzugsweise mit Widerstandsnetzwerken oder einem Widerstandsbelag. Die Kennlinie einer derartigen Anordnung kann über die Meßstrecke nur in eine Richtung verlaufen. In manchen Anwendungen ist es erwünscht, nicht lineare Kennlinien mit Richtungsumkehr, z.B. eine Sinuskurve über den Weg oder Winkel nachzubilden.

In der vorliegenden Ausführung wird ein Aufbau beschrieben, bei dem eine Mittelung des Wertes nicht erforderlich ist, sondern bei dem die Induktionsschleife so ausgebildet ist, daß an ihr eine Spannung entsteht, die von der Position des Meßkopfs abhängig ist und am Ende der Meßschleife abgegriffen werden kann.

+49 7152 73121

Damit an einer Induktionsschleife eine wegabhängige induzierte Spannung abgegriffen werden kann, muß das Integral über das durch sie hindurchtretende Wechselfeld ebenfalls wegabhängig sein. Dies geschieht dadurch, daß der Meßkopf ein konstantes Wechselfeld erzeugt und die Meßschleife so ausgebildet wird, daß der durch sie hindurchtretende Anteil des Flusses, den der Meßkopf erzeugt, dem erwarteten positionsabhängigen Signal proportional ist.

Dies wird bei dem aus der PCT/DE98/03753 hervorgehenden Wegaufnehmer dadurch erreicht, daß auf einer Fläche, durch die der Fluß hindurchtritt, eine mit dem Abstand vom Nullpunkt zunehmende Windungszahl aufgebracht wird und zusätzlich die einzelnen Windungen schräg in die Fläche hineinlaufen. Die Verwendung einer Meßschleife mit mehreren Windungen hat den Nachteil, daß die Wicklung vor allem bei einem Aufbau mit einer gedruckten Schaltung, wie sie vorzugsweise aus wirtschaftlichen und fertigungstechnischen Gründen ausgeführt wird, sehr breit wird, wenn eine größere Anzahl von Windungen notwendig wird. Damit ein kontinuierlicher Anstieg der Meßspannung mit zunehmender Position erreicht wird, muß möglichst im Abstand der Meßkernbreite eine weitere Windung aufgebracht werden. Der Meßkern muß die eine Seite der Spule so umfassen, daß alle Windungen durchflutet werden. Insbesonders bei großen Meßlängen kann dies dazu führen, daß der Meßkopf und die Meßschleife relativ groß werden, was sich sowohl auf die Kosten als auch auf die Einsatzmöglichkeiten ungünstig auswirkt. Es besteht die Möglichkeit, die Windungen, welche durch

den Bereich des Luftspaltes treten, schräg verlaufen zu lassen. Dies hat den Nachteil, daß das Meßergebnis durch eine seitliche Verschiebung des Meßkopfs stark beeinflußt wird. Weiterhin ist es schwierig, die Steigung der Windung an den nicht ausreichend linearen Verlauf des induzierenden Magnetfelds anzupassen.

Ein weiterer Nachteil bei großen Meßlängen ergibt sich aus der Eigenkapazität und der Induktivität der Meßwicklung, welche dadurch eine relativ niedrige Resonanzfrequenz aufweist. Ein Betrieb im Bereich oder über der Resonanzfrequenz würde schwer zu behebende Meßfehler verursachen.

Diese Nachteile lassen sich dadurch beseitigen, daß die Meßschleife aus nur einer oder relativ wenigen Windungen besteht, die als Mäander ausgeführt sind. Der Mäander weist über den Meßweg gleiche Teilung auf, die Breite der einzelnen Teilstücke ändert sich jedoch mit der Position in Meßrichtung. Die Teilstücke des Mäanders, welche in den Bereich des Meßkerns hineinragen, werden vom Magnetfeld des Meßkerns durchflutet, während die übrigen Teile außerhalb des Magnetfelds liegen.

Wenn nun das Verhältnis der Breite der Mäanderstücke, die in den Kernbereich hineinragen, zur Teilung des Mäanders proportional mit der gewünschten Kennlinie verläuft, wird eine Kennlinie erzeugt, die der gewünschten Kennlinie angenähert ist. Der Vorteil dieser Anordnung ist, daß es möglich ist, fast beliebig viele Windungsabschnitte quer zur Meßrichtung vorzusehen, ohne daß eine extreme Verbreiterung der Meßspule und eine hohe

+49 7152 73121

Induktivität und Eigenkapazität der Meßwicklung entsteht. Dies erlaubt die Verwendung eines schmalen und kurzen Meßkerns. Wenn eine ausreichende Zahl von Windungen vorliegt, ist es möglich, die Wicklung senkrecht zur Meßrichtung anzuordnen. Dadurch wird die Abhängigkeit vom Verlauf des Magnetfelds quer zur Meßrichtung erheblich verringert.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung gehen aus der nachfolgenden Beschreibung sowie der Zeichnung hervor.

Es zeigen:

Fig. 1 schematisch eine Ausführungsform eines erfundungsgemäßen Meßumformers;

Fig. 2 schematisch die an dem in Fig. 1 dargestellten Meßumformer abgreifbare Spannung sowie die magnetische Induktion;

Fig. 3 schematisch die an dem in Fig. 1 dargestellten Meßumformer auftretende Induktion;

Fig. 4 eine andere Ausführungsform eines von der Erfindung Gebrauch machenden induktiven Meßumformers;

Fig. 5 schematisch ein Ausführungsbeispiel eines Meßumformers.

Fig. 5 zeigt eine Anordnung aus einem Kern 31 mit einem Luftspalt, in dem eine Leiterplatte 30 liegt. Im Kern wird durch eine stromdurchflossene Spule ein durch die Leiterplatte 30 hindurchtretendes Wechselfeld erzeugt. Mit den gestrichelten Linien sind die Linien gleicher Induktion gekennzeichnet. Die daneben und darunter liegenden Diagramme zeigen den Verlauf der Induktion in Richtung der Bewegung des Meßkopf (x-Richtung) und quer dazu (y-Richtung). Ein streng linearer Verlauf läßt sich wegen der physikalischen Gegebenheiten nicht erzeugen. Dagegen läßt sich eine gute Symmetrie des Verlaufs in x-Richtung erreichen, nicht jedoch in y-Richtung. Um eine Empfindlichkeit gegenüber seitlichen Verschiebungen (y-Richtung) zu vermeiden, wird die Induktionsschleife so gestaltet, daß sie aus Leiterbahnen 32 besteht, die in Bewegungsrichtung des Meßkerns und senkrecht zur Bewegungsrichtung verlaufen, sodaß sie Rechtecke bilden, die tief in den Luftspalt des Meßkerns hineinragen und damit praktisch den ganzen Magnetfluß in diesem Bereich aufnehmen.

Fig. 1 zeigt einen derartigen Aufbau. Auf der Leiterplatte 1 befindet sich eine mäanderförmige Leiterbahn 2, dessen eines Ende über die Leiterbahn 3 an einen elektrischen Anschluß 4 geführt wird, und dessen anderes Ende an den Anschluß 5 geführt wird. Der Meßkern 6 weist eine Wicklung 7 auf, durch welche ein Wechselstrom fließt. Die Erzeugung dieses Wechselstroms wird hier nicht näher beschrieben. Sie geht beispielsweise aus der DE 197 57 689.3-52 sowie aus der PCT/DE98/03753 hervor.

+49 7152 73121

Der Strom I_v in der Primärschleife 10 induziert über dem Meßkern 6 eine Spannung in der Wicklung 7, welche mit einem Kondensator 11 einen Resonanzkreis bildet.

Der Erregerstrom kann allerdings auch anderweitig, z.B. durch Direktspeisung erzeugt werden. Der Kern umfaßt mit seinen Schenkeln die Leiterplatte 1, sodaß die Meßschleife von dem Magnetfluß des Meßkerns dort durchfliet wird, wo sie in den Bereich des Kerns hineinragt (rechts dargestellt). Die Teilung dieses Mäanders entspricht der magnetisch wirksamen Breite des Meßkerns 6 oder einem ganzzahligen Bruchteil davon. Zwischen den Anschlüssen 4 und 5 ergibt sich dann abhängig von der Position des Meßkerns eine Spannung U_{M1} wie sie in Fig. 2 dargestellt ist. Dabei wird stark vereinfachend angenommen, daß sich das Feld nur über die Breite des Meßkerns ausdehnt und dort über die ganze Breite gleich bleibt. Die Spannung U_{M1} steigt hierbei von 0 am Anfang des Meßwegs bei Erreichen des ersten schmalen in den Kern hineinreichenden Mäanderbereichs um einen Betrag $1/n$ linear an und bleibt dann konstant bis zum nächsten Teil. Am Ende des Wegs umfaßt die Meßschleife das ganze Feld des Meßkerns und gibt die volle Spannung ab.

In der Praxis ist der Übergang zwischen den einzelnen Teilbereichen nicht ganz so wie in Fig. 2 dargestellt, bei dem ein Verlauf des Magnetflusses wie in Fig. 3 dargestellt angenommen wurde; vielmehr verläuft das Feld, wie in Fig. 5 dargestellt: Wegen der unvermeidlichen Streufelder wird der Magnetfluß auch seitlich in den Randbereichen austreten. Dies führt zu einem Verlauf,

+49 7152 73121

wie in Fig. 3 gestrichelt dargestellt. Die durchgezogene Linie stellt den idealisierten Verlauf dar, während die gestrichelte Linie den tatsächlichen Verlauf wiedergibt. Dadurch wird die in Fig. 2 dargestellte Kennlinie verschliffen, was zu einer Annäherung an einen stetigen Verlauf, im obigem Beispiel an einen linearen Verlauf führt. Zusätzlich kann durch eine gezielte Gestaltung des Luftspalts und/oder des Kernquerschnitts im Luftspalt eine ausreichend genaue Annäherung der Kennlinie an den gewünschten Verlauf erreicht werden.

Eine weitere Verbesserung ergibt sich durch die Verwendung einer zweiten Meßschleife z.B. auf der Rückseite der Leiterplatte 1. Wenn diese einen Mäander bildet, welcher um eine halbe Teilung versetzt ist, wird die Zahl der Übergänge verdoppelt, wenn das Ausgangssignal aus beiden Meßschleifen gebildet wird.

In Fig. 1 ist eine solche Leiterbahn 9 gestrichelt dargestellt. Sie ist an einem Ende an den gemeinsamen Anschluß 4 über Leiterbahn 3 angeschlossen, am anderen Ende an einen Meßanschluß 8. Entsprechend der Durchflutung der Leiterschleifen 3, 9 wird die Spannung U_{m2} induziert, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist. Aus der Differenz zwischen den beiden Spannungen U_{m1} und U_{m2} wird die Spannung U_m gebildet, welche die doppelte Anzahl an Übergängen aufweist und die doppelte Ausgangsspannung ergibt. Der Fehler durch die Übergänge wird dadurch halbiert. Das gleiche Ergebnis erhält man, wenn die beiden Meßschleifen in Reihe geschaltet sind. In

+49 7152 73121

diesem Fall müssen die Steigungen für beide Meßschleifen gleich verlaufen.

Eine weitere Verbesserung des Kurvenverlaufs ergibt sich durch eine engere Teilung des Mäanders, wobei die effektive Breite des Kerns ein ganzzahliges Vielfaches der Mäander-Teilung beträgt.

In der Praxis treten durch Temperatureinflüsse sowie seitliche Verschiebungen des Meßkerns Fehler auf. Diese Fehler können weitgehend vermieden werden, wenn nicht der Absolutwert der Meßspannung verwendet wird, sondern das Verhältnis aus einer Referenzspannung, welche den gesamten Fluß durch den Meßkern darstellt, und der an der Meßschleife anliegenden Meßspannung gebildet wird.

Hier bietet es sich an, eine weitere Meßschleife vorzusehen, welche in Fig. 1 aus der Zuleitung 3 und einer Leiterbahn 13, welche auf einen Anschluß 14 führt, gebildet wird. Diese Schleife wird unabhängig von der Stellung des Meßkopf vom gesamten Fluß des Meßkopfs durchflutet, soweit er auch zur Induktion in die Meßschleife beiträgt. Die am Anschluß dieser Schleife liegende Spannung dient als Referenz für die vom Meßkern induzierte Gesamtspannung.

Bei diesem Meßverfahren lassen sich die in der DE 197-57 689.3-52 sowie PCT/DE98/03753 beschriebenen Techniken, auf die vorliegend vollinhaltlich Bezug genommen wird, mitbenutzen:

Meßkern mit Resonanzspule

Anpassung an Oszillatorimpedanz mit Transistor

Verwendung des Schwingkreises als Frequenzbestimmendes Bauteil einer Oszillatorschaltung

Verhältnismessung mit Referenzwicklung

Kompensation der wegunabhängigen Induktionsspannung.

Die Methode der mäanderförmigen Induktionsschleife kann selbstverständlich auch mit einer Widerstandsschicht kombiniert werden, um z.B. eine Überprüfung der Funktion des Sensors vorzunehmen oder weitere Steuerinformationen zu gewinnen. Es läßt sich z.B. eine Sollwertkurve über den Weg, der mit dem Widerstandselement gemessen wird, oder ein zusätzliches Endlagensignal oder ähnliches erzeugen. Vorteilhaft ist hierbei, daß es möglich ist, über den gesamten Weg auch Steigungen unterschiedlicher Richtung darzustellen, was mit einer Widerstandsschicht nicht ohne weiteres zu verwirklichen sind.

Der Meßweg ist, wie auch das Meßverfahren mit einem Widerstandselement, nicht auf geradlinige Strecken beschränkt. Die Anordnung läßt sich ohne Schwierigkeiten in Kurvenverläufen einsetzen. Vorzugsweise sind dies Kreisbögen, etwa bei einer Winkelmessung.

Da das Flächenverhältnis des Mäanders über die Strecke beliebig variiert werden kann, ist es möglich, über den Meßweg hinweg beliebige Funktionen zu erzeugen, sofern die Steigung nicht einen Wert übersteigt, der durch die

+49 7152 73121

10

Kernbreite vorgegeben ist. Die maximal mögliche Steigung ist dabei U_{max}/b , wobei U_{max} die maximal erreichbare Meßspannung und b die Breite des Meßkerns darstellt.

Dies ist besonders in Anwendungen vorteilhaft, bei denen ein Drehwinkel über 360° ohne Begrenzung des Drehwinkels gemessen wird. Hier ist es notwendig, zwei Funktionen darzustellen, um eine eindeutige Zuordnung über den vollen Winkelbereich zu erzielen. Bekannte Ausführungen, z.B. Resolver, verwenden hier ein Ausgangssignal mit Sinusverlauf und ein weiteres mit Cosinusverlauf. Aus dem Verhältnis der beiden Ausgangsspannungen zueinander läßt sich eindeutig der Winkel über den Drehbereich errechnen. Dieses Verfahren ist nicht auf eine Sinusfunktion beschränkt.

Fig. 4 zeigt einen schematischen Aufbau eines Winkelsensors zur Messung eines Winkels über einen Bereich von 360° . Auf einer drehbar gelagerten Welle 17 ist über eine Halterung 16a ein Meßkern 16 so angeordnet, daß eine feststehende ringförmige Leiterplatte 15, welche konzentrisch zur Welle angeordnet ist, im Luftspalt des Meßkerns 16 liegt. Wenn die Welle gedreht wird, überstreicht der Meßkern 16 Leiterbahnen 18 und 19.

Die beiden Leiterbahnen 18, 19 sind auf jeweils gegenüberliegenden Seiten der Leiterplatte 15 aufgebracht. Beide weisen eine gleiche Geometrie auf, sind jedoch um 90° versetzt. Auf der Oberseite ist die Leiterbahn 18

7152 73121

K

dargestellt. Diese ist in zwei Hälften aufgeteilt. In der Mitte ist sie über eine Leiterbahn 27, welche einen Kreis um die Leiterbahn 18 bildet und auf den Anschluß 23 geführt ist, an den elektrischen Bezugspunkt der Auswerteschaltung 28 angeschlossen. Die Leiterbahnen 18 und 27 sind auf ihrer den Anschlüsse 21, 22, 23, 24 gegenüberliegenden Seite durch eine Kontaktstelle 27a miteinander elektrisch leitend verbunden. An den zwei anderen Anschlüsse 21 und 22 wird das Meßsignal abgegriffen und ebenfalls an die Auswerteschaltung geführt. Die Leiterbahn 18 ist so gestaltet, daß je eine Schleife durch die Leiterbahnen 27 und 18 gebildet wird. Diese Schleife wird abhängig von der Winkelstellung ganz, teilweise oder gar nicht vom Magnetfluß des Meßkerns durchflutet. Dementsprechend wird dann eine Spannung induziert. Die Spannungen an den Anschläßen 21 und 22 zeigen jeweils über 180° einen einer Sinuskurve angenäherten Verlauf. Die korrespondierenden Meßschleifen auf der Rückseite (Anschlüsse 21a, 23a, 24a, 22a) zeigen eine um 90° versetzte Sinuskurve, was einer Cosinusfunktion entspricht. Nach entsprechender Auswertung in einer nicht näher beschriebenen Elektronik läßt sich damit eine eindeutige Zuordnung des Winkels erreichen.

Zur genauen Anpassung an eine Sinuskurve oder einen anderen für die Auswertung vorgesehenen Verlauf kann ein entsprechend feineres Raster und/oder ein entsprechend geformter Meßkern und/oder eine elektronische Linearisierung vorgesehen werden. Für eine elektronische Linearisierung ist ein stetig steigender Meßwert erforderlich.

+49 7152 73121

12:

lich, der durch ein ausreichend feines Raster und/oder
einen entsprechend geformten Meßkern erreicht wird.

7152 73121

13

Horst Siedle GmbH & Co. KG, Bregstraße 1,

78120 Furtwangen

Ansprüche

1. Induktiver Meßumformer zur Bestimmung der Position eines gegenüber einem feststehendem Gehäuse verschieblichen Körpers, dadurch gekennzeichnet, daß der verschiebbliche Körper ein induktives Übertragungselement aufweist, welches ein über einen begrenzten Bereich sich erstreckendes magnetisches Wechselfeld erzeugt und dieses Wechselfeld wenigstens eine mit dem Gehäuse verbundene sich über die Meßlänge erstreckende Leiterschleife ganz oder teilweise durchflutet, die eine Zuleitung entlang des Meßwegs aufweist und deren Rückleitung so gestaltet ist, daß sie in regelmäßigen Abständen abwechselnd so geführt ist, daß sie entweder nur geringfügig vom Wechselfeld des Übertragungselementes durchflutet wird oder vom überwiegenden Teil des Wechselfelds durchflutet wird, und daß die Bereiche mit hoher Wechselfeld-durchflutung einer dem gewünschten Positions-wert zugeordneten erwarteten Ausgangswert proportionale

+49 7152 73121

Breite aufweisen und deren Ausgangsspannung an einen Ausgang geführt ist.

2. Induktiver Meßumformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Leiterschleife vorgesehen ist, die das ganze von dem Übertragungselement erzeugten Wechselfeld einschließt und dessen Ausgangsspannung als Referenz für die von der Leiterschleife erzeugte Spannung dient.
3. Induktiver Meßumformer nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine weitere Leiterschleife vorgesehen ist, welche gegenüber der ersten versetzt angeordnet ist und deren Ausgangsspannung zur Ausgangsspannung der ersten Leiterschleife addiert wird.
4. Induktiver Meßumformer nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine weitere Leiterschleife mit umgekehrter Steigung vorgesehen ist, welche gegenüber der ersten versetzt angeordnet ist und daß der Meßwert die Differenz der beiden Ausgangsspannungen ist.
5. Induktiver Meßumformer nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere unabhängige Meßschleifen vorgesehen sind.

6. Induktiver Meßumformer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern zur Erzeugung des Wechselfelds so gestaltet ist, daß sich der Anstieg oder Abfall des Wechselfelds über die Breite des Luftspalts in Meßrichtung über eine Länge erstreckt, welche der Teilung der Meßschleife(n) entspricht, und daß die wirksame Länge der doppelten Teilung der Meßschleife oder einem ganzzahligen Vielfachen davon entspricht.
7. Induktiver Meßumformer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern zur Erzeugung des Wechselfelds so gestaltet ist, daß die Länge des Luftspalts über die Breite des Meßkerns und die Polflächen eine Form aufweisen derart, daß der Verlauf der Induktion in Meßrichtung so ansteigt oder abfällt, daß bei Überfahren des Meßkopfs die über die Breite der Leiterschleife entlang einer Linie quer zum Meßweg gemittelte Induktion über einen Weg mit der Teilung der Meßschleife angenähert linear ansteigt bzw. abfällt.
8. Induktiver Meßumformer nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Meß-, bzw Referenzschleife auf einer Kreisbahn angeordnet sind und der Meßkopf drehbar angeordnet ist, so daß die Anordnung zur Messung von Winkeln verwendet werden kann.

+49 7152 73121

16

9. Induktiver Meßumformer nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Meßschleifen vorgesehen sind, die sich über einen Winkel von 360° erstrecken und über diesen Meßwinkel zugeordnet Meßwerte abgeben, an deren Verhältnis zueinander der Meßwinkel eindeutig bestimmbar ist.
10. Induktiver Meßumformer nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsspannungen zweier oder mehrerer Meßschleifen phasenverschobenen Sinusfunktionen angenähert sind.

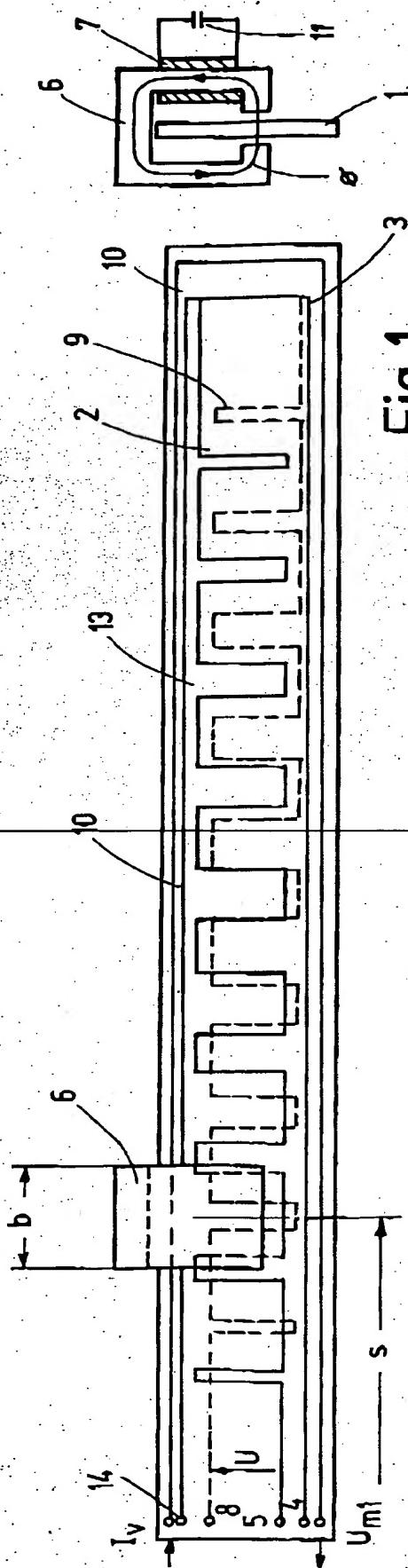


Fig. 1

1 / 3

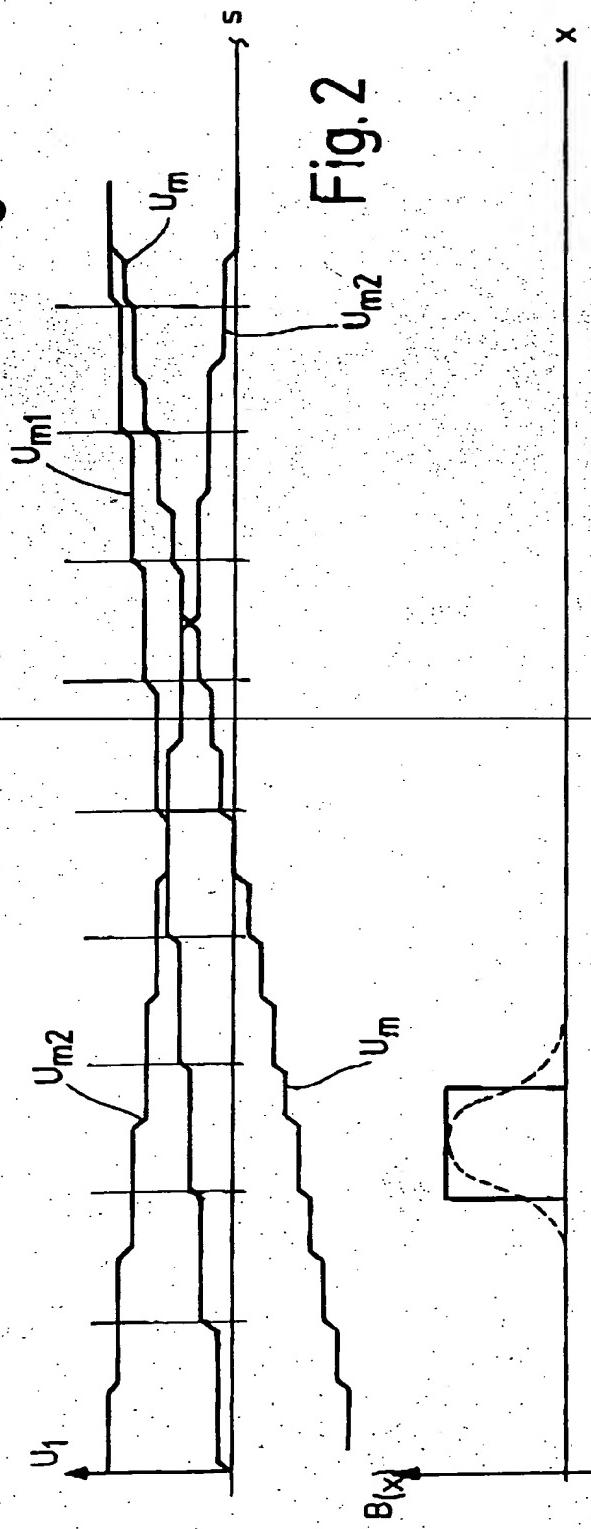


Fig. 2

Fig. 3

+49 7152 73121

2 / 3

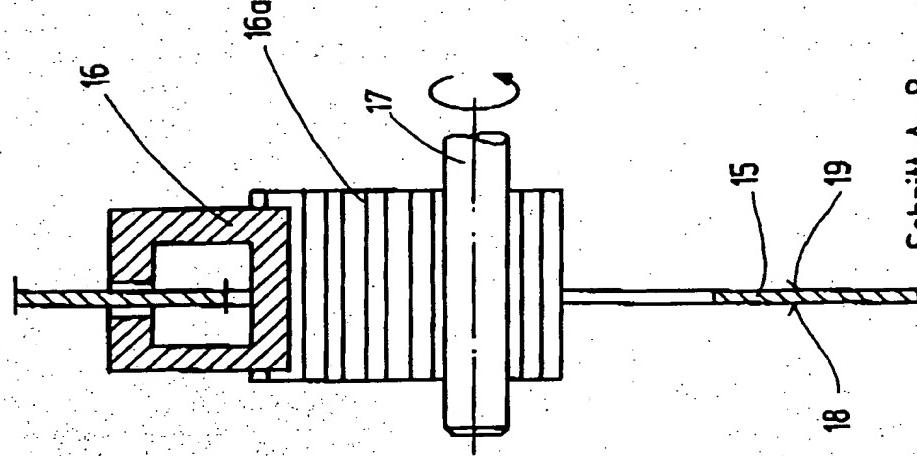
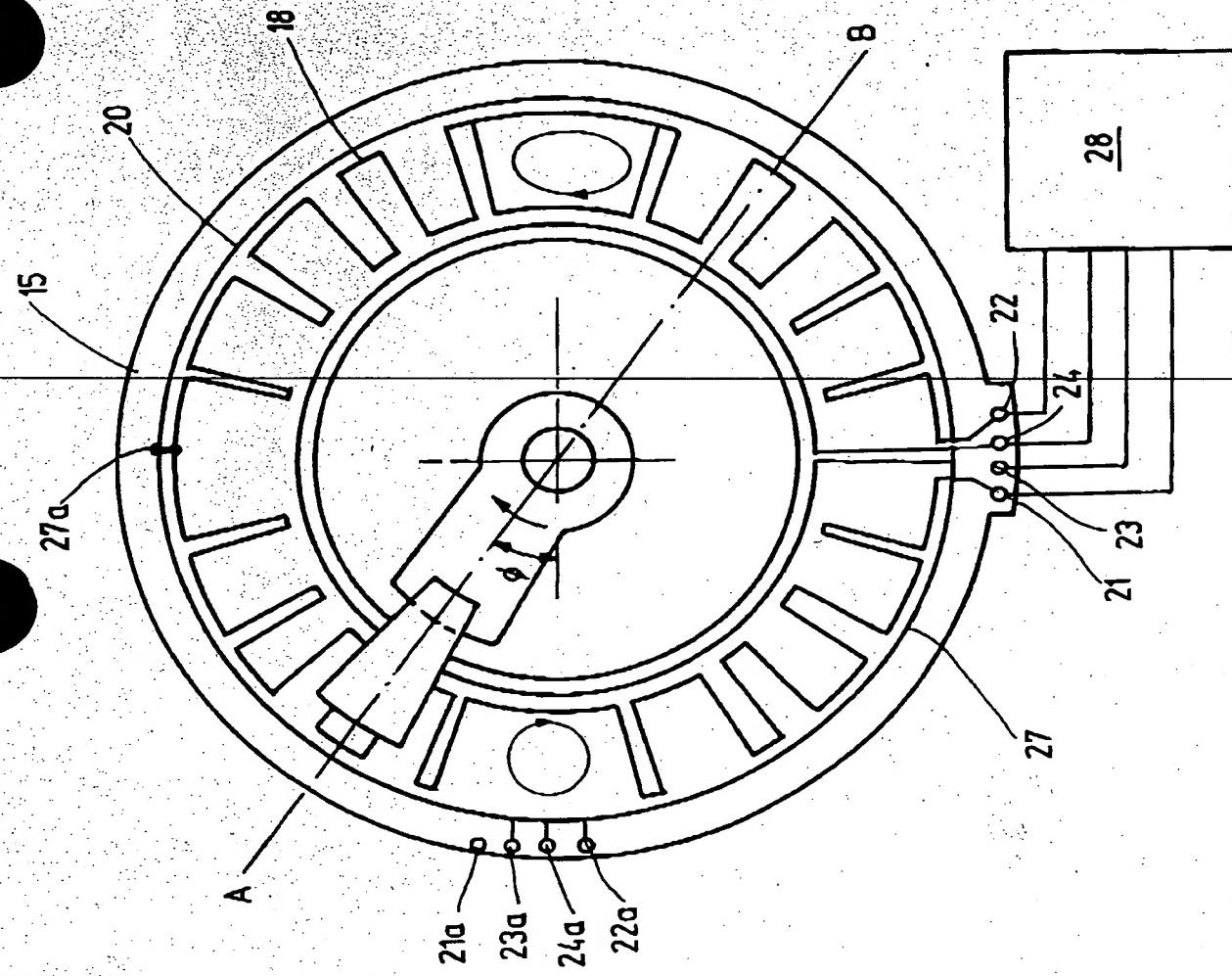


Fig. 4



+49 7152 73121

3 / 3

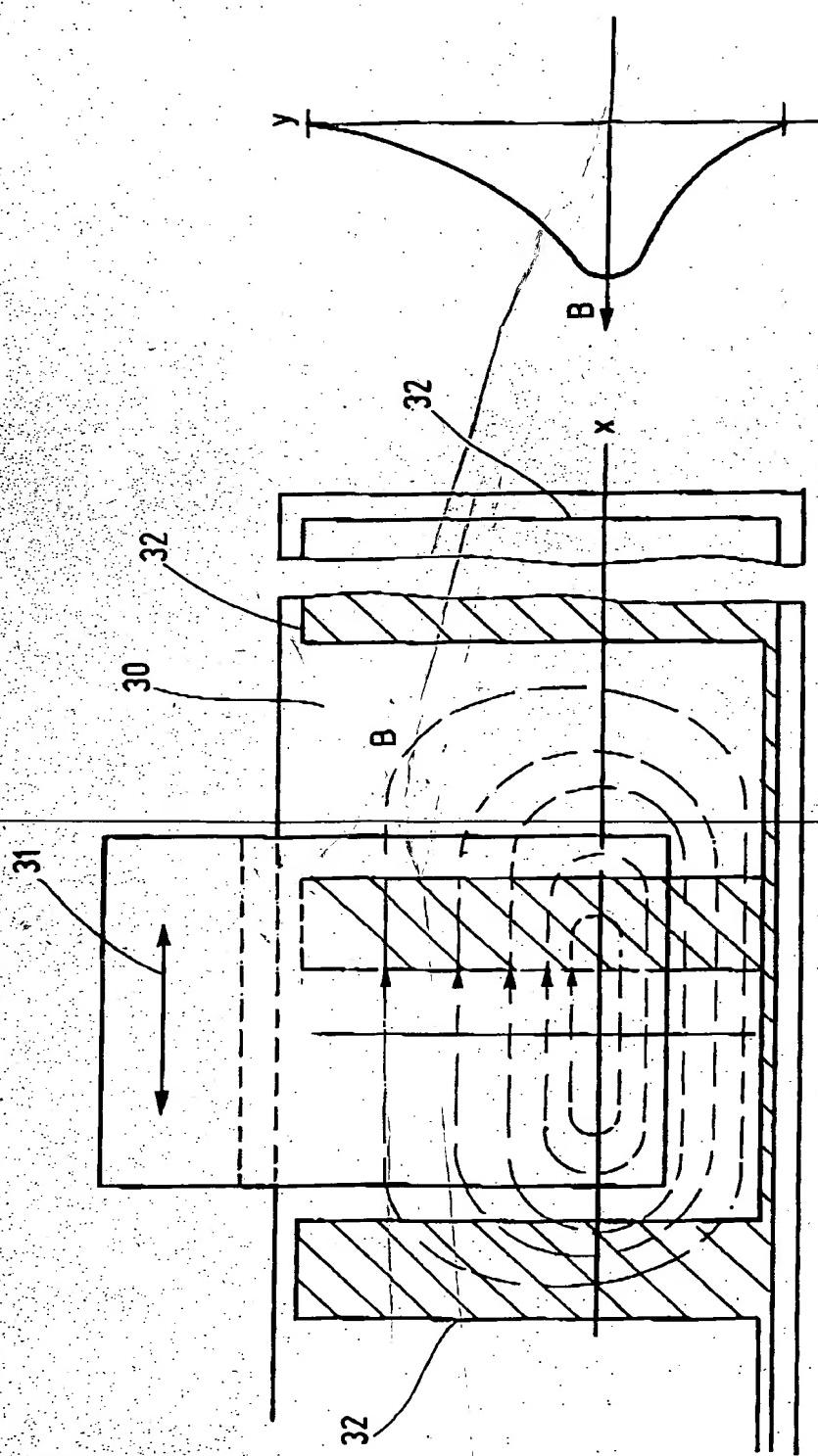
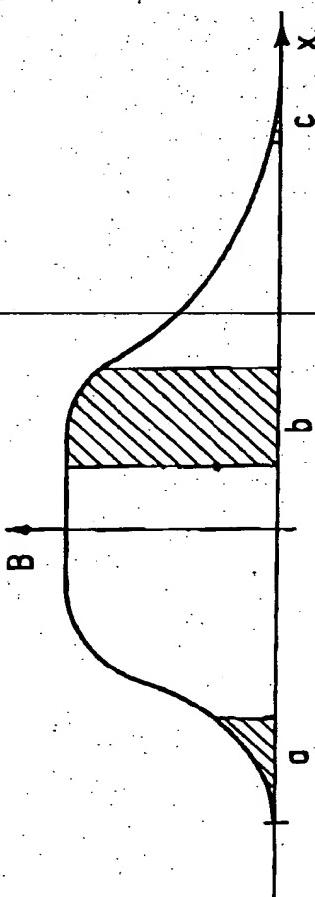


Fig. 5



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspto)